



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108472090 B

(45) 授权公告日 2021.06.18

(21) 申请号 201680077225.4  
 (22) 申请日 2016.12.28  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 108472090 A  
 (43) 申请公布日 2018.08.31  
 (30) 优先权数据  
 62/272,470 2015.12.29 US  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2018.06.29  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/EP2016/082760 2016.12.28  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 WO2017/114855 EN 2017.07.06  
 (73) 专利权人 皇家飞利浦有限公司  
 地址 荷兰艾恩德霍芬  
 (72) 发明人 A·波波维奇 D·P·努南  
 (74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
 72002  
 代理人 孟杰雄 王英  
 (51) Int. Cl.  
 A61B 34/20 (2006.01) (续)

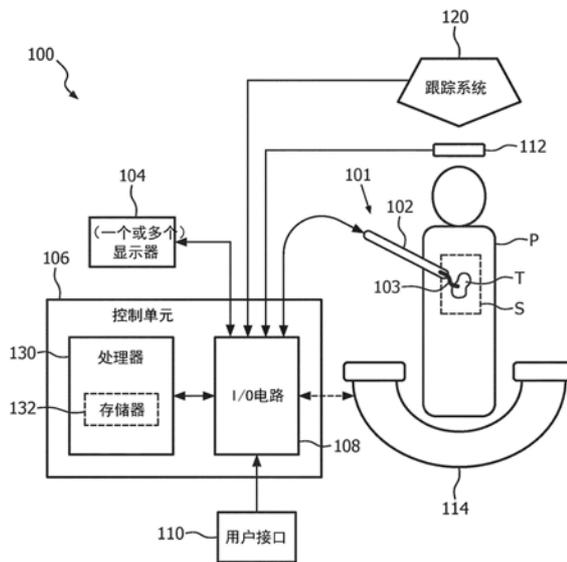
(56) 对比文件  
 US 7097615 B2, 2006.08.29  
 US 9095252 B2, 2015.08.04  
 US 2006258938 A1, 2006.11.16  
 US 2011028215 A1, 2011.02.03  
 US 2014212025 A1, 2014.07.31  
 US 2015010225 A1, 2015.01.08  
 US 2015073265 A1, 2015.03.12  
 US 2015126859 A1, 2015.05.07  
 US 2015202015 A1, 2015.07.23  
 CN 103705307 A, 2014.04.09  
 EP 2688632 B1, 2016.05.18  
 EP 2851032 A1, 2015.03.25  
 US 2004077939 A1, 2004.04.22  
 US 2006258938 A1, 2006.11.16  
 WO 2013156893 A1, 2013.10.24  
 WO 2014138916 A1, 2014.09.18  
 US 2007021738 A1, 2007.01.25  
 US 2007293734 A1, 2007.12.20  
 US 2008046122 A1, 2008.02.21  
 US 2011022060 A1, 2011.01.27  
 US 2011040305 A1, 2011.02.17 (续)  
 审查员 张文静  
 权利要求书2页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

用于控制外科手术机器人的系统、控制单元和方法

(57) 摘要

公开了一种外科手术机器人系统。所述外科手术机器人系统包括手持式引入器和柔性外科手术设备。控制单元包括处理器和存储器，所述存储器除其它以外存储机器可读指令，所述机器可读指令被配置为由处理器运行以控制柔性外科手术设备。所述外科手术机器人系统还包括成像设备和跟踪系统。所述处理器被配置为基于与所述柔性外科手术设备的图像和所述手持式引入器的至少一个点的位置有关的信息来生成引导命令以控制所述柔性外科手术设备。



CN 108472090 B

[接上页]

(51) Int.Cl.

*A61B 34/00* (2006.01)

(56) 对比文件

US 2012101508 A1, 2012.04.26

US 2012221002 A1, 2012.08.30

US 2012290134 A1, 2012.11.15

US 2014222207 A1, 2014.08.07

US 2014358161 A1, 2014.12.04

US 2015366610 A1, 2015.12.24

CN 101410070 A, 2009.04.15

CN 103575271 A, 2014.02.12

CN 105050525 A, 2015.11.11

CN 105078577 A, 2015.11.25

CN 1602166 A, 2005.03.30

CN 105025787 A, 2015.11.04

US 2010016710 A1, 2010.01.21

US 2012059248 A1, 2012.03.08

WO 0162173 A2, 2001.08.30

WO 2007111955 A2, 2007.10.04

WO 2008103273 A2, 2008.08.28

1. 一种外科手术机器人系统,包括:  
柔性外科手术设备;  
手持式引入器,其被配置为便于引入所述柔性外科手术设备;  
图像采集设备,其被配置为捕捉所述柔性外科手术设备的一幅或多幅图像,所述图像指示所述柔性外科手术设备的形状、姿态和位置中的至少一个;  
跟踪系统,其被配置为跟踪所述手持式引入器上的至少一个点的位置;以及  
处理器,其被配置为基于与所述柔性外科手术设备的所述图像和所述手持式引入器的至少一个点的所述位置有关的信息来生成引导命令以控制所述柔性外科手术设备。
2. 根据权利要求1所述的外科手术机器人系统,其中,所述柔性外科手术设备包括以下中的至少一个:(i) 双连杆,一关节设备,(ii) 蛇形机器人,以及(iii) 可操控导管。
3. 根据权利要求1所述的外科手术机器人系统,其中,所述柔性外科手术设备包括被耦合到远端的末端执行器。
4. 根据权利要求3所述的外科手术机器人系统,其中,所述处理器还被配置为生成引导命令以将所述末端执行器移动和定位到目标位置或目标位置附近。
5. 根据权利要求4所述的外科手术机器人系统,其中,在位置补偿模式中,所述处理器被配置为生成引导命令以校正由所述手持式引入器的一个或多个移动引起的所述末端执行器从外科手术路径的偏离。
6. 根据权利要求1所述的外科手术机器人系统,其中,所述图像采集设备包括以下中的至少一个:X射线设备、计算机断层摄影(CT)设备、超声传感器(US),以及内窥镜。
7. 根据权利要求1所述的外科手术机器人系统,其中,所述跟踪系统包括以下中的至少一个:光学跟踪系统、机械跟踪系统,以及电磁跟踪系统。
8. 根据权利要求1所述的外科手术机器人系统,其中,所述处理器还被配置为基于所述手持式引入器的改变的位置或取向来生成命令。
9. 根据权利要求1所述的外科手术机器人系统,还包括被配置为显示所述图像的显示器。
10. 一种用于外科手术机器人系统的控制单元,所述外科手术机器人系统包括柔性外科手术设备和被配置为便于引入所述柔性外科手术设备的手持式引入器,所述控制单元包括:  
处理器,其被配置为:  
从图像采集设备接收所述柔性外科手术设备的一幅或多幅图像,所述图像指示所述柔性外科手术设备的形状、姿态和位置中的至少一个;  
从跟踪系统接收指示所述手持式引入器上的至少一个点的位置的跟踪信息;并且  
基于与所述柔性外科手术设备的所述图像和所述手持式引入器的所述至少一个点的所述位置有关的信息来生成引导命令以控制所述柔性外科手术设备。
11. 根据权利要求10所述的控制单元,其中,所述柔性外科手术设备包括末端执行器;并且所述处理器还被配置为生成引导命令以将所述末端执行器移动和定位到目标位置或目标位置附近,并且  
其中,在位置补偿模式中,所述处理器还被配置为生成引导命令以校正由所述手持式引入器的一个或多个运动引起的所述末端执行器从外科手术路径的偏离。

12. 根据权利要求10所述的控制单元,其中,所述处理器还被配置为:

从用户接口接收用于由用户选择外科手术部位处的解剖目标的选择输入;并且

在位置引导模式中,基于所述选择输入来生成用于定位外科手术机器人的所述手持式引入器的引导命令,使得所述柔性外科手术设备到达所述外科手术部位处的所选择的解剖目标。

13. 根据权利要求12所述的控制单元,其中,所述处理器还被配置为从用户接口接收激活信号,并且基于所述激活信号在完成所述位置引导模式之后激活位置补偿模式。

14. 根据权利要求10所述的控制单元,其中,所述处理器还被配置为处理来自医学影像设备的外科手术部位处的所述柔性外科手术设备的医学影像,所述医学影像设备包括以下中的至少一个:X射线设备、计算机断层摄影(CT)设备、超声传感器(US),以及内窥镜。

15. 一种非瞬态计算机可读存储介质,其具有被存储在其中的机器可读指令,所述机器可读指令被配置为由处理器运行以控制柔性外科手术设备和手持式引入器,所述手持式引入器被配置为便于将所述柔性外科手术设备引入外科手术部位,所述机器可读指令被配置为执行用于补偿所述手持式引入器的运动的方法,所述方法包括:

从图像采集设备接收所述柔性外科手术设备的一幅或多幅图像,所述图像指示所述柔性外科手术设备的形状、姿态和位置中的至少一个;

从跟踪系统接收指示所述手持式引入器上的至少一个点的位置的跟踪信息;并且

基于与所述柔性外科手术设备的所述图像和所述手持式引入器的所述至少一个点的所述位置有关的信息来生成引导命令以控制所述柔性外科手术设备。

## 用于控制外科手术机器人的系统、控制单元和方法

### 背景技术

[0001] 可操控设备通常用于微创外科手术以提高外科医生在患者体内的灵巧性。一种已知的可操控设备包括在远端处的多个关节和肌腱以及在近端处的驱动系统。能够使用机器人定位器对该设备进行定位。

[0002] 在外科手术中使用的另一种类型的可操控设备是外科手术图像采集设备,例如,具有偏转尖端的内窥镜或机器人内窥镜。这样的内窥镜是薄且细长的相机组件,其允许临床医生观察患者的内部解剖结构,而无需以外科手术方式暴露解剖结构以进行直接观察。与没有内窥镜辅助的情况下的可视化和介入相比,内窥镜能够适配通过皮肤中的狭窄的自然孔或小切口,从而减少对患者造成的创伤。

[0003] 对已知的灵巧设备的控制是具有挑战性的,特别是当该设备与手持式引入器结合使用时。手持式引入器能够用于在患者内对柔性设备进行放置、定向、定位和引入。当将柔性设备与手持式引入器结合使用时,用户必须将通常绕身体的入口点枢转的手持式引入器的运动与柔性设备在身体内部的复杂的灵巧运动结合起来。一种解决这个问题的方法是对灵巧设备的机器人定位。然而,这增加了手术室中系统的占地面积并增加了外科手术的成本和持续时间。另外,一旦利用灵巧设备达到位置,手的颤抖和手的不自主运动可能导致未对齐。

[0004] 因此,可能需要提供使用医学影像与跟踪信息的组合来监测手持式引入器以校正未对齐的用于控制柔性外科手术设备的设备、系统、方法和计算机可读存储介质。

### 发明内容

[0005] 根据代表性实施例,一种外科手术机器人系统包括:柔性外科手术设备;手持式引入器,其被配置为便于引入所述柔性外科手术设备;以及成像设备,其被配置为捕捉所述柔性外科手术设备和/或患者解剖结构的一幅或多幅图像。来自所述成像设备的所述图像指示以下中的至少一个:所述柔性外科手术设备的形状、姿态和位置。所述外科手术机器人系统还包括:跟踪系统,其被配置为跟踪所述手持式引入器上的至少一个点的位置;以及处理器,其被配置为基于与所述柔性外科手术设备的所述图像和所述手持式引入器的至少一个点的所述位置有关的信息来生成引导命令以控制所述柔性外科手术设备。

[0006] 根据另一代表性实施例,一种用于外科手术机器人系统的控制单元,所述外科手术机器人系统包括柔性外科手术设备和被配置为便于引入所述柔性外科手术设备的手持式引入器。所述控制单元包括:处理器,其被配置为:从成像设备接收所述柔性外科手术设备的一幅或多幅图像,所述图像指示以下中的至少一个:所述柔性外科手术设备的形状、姿态和位置;从跟踪系统接收指示所述手持式引入器上的至少一个点的位置的跟踪信息;并且基于与所述柔性外科手术设备的所述图像和所述手持式引入器的至少一个点的所述位置有关的信息来生成引导命令以控制所述柔性外科手术设备。

[0007] 根据另一代表性实施例,一种非瞬态计算机可读存储介质,其具有存储在其中的机器可读指令,所述机器可读指令被配置为由处理器运行以控制柔性外科手术设备和手持

式引入器,所述手持式引入器被配置为便于将所述柔性外科手术设备引入外科手术部位,所述机器可读指令被配置为执行用于补偿刚性部分的运动的方法。所述方法包括从成像设备接收所述柔性外科手术设备的一幅或多幅图像。所述图像指示以下中的至少一个:所述柔性外科手术设备的形状、姿态和位置。所述方法还包括:从跟踪系统接收指示所述手持式引入器上的至少一个点的位置的跟踪信息;并且基于与所述柔性外科手术设备的所述图像和所述手持式引入器的所述至少一个点的所述位置有关的信息来生成引导命令以控制所述柔性外科手术设备。

### 附图说明

[0008] 当结合附图阅读时,根据下面的详细描述将会最好地理解代表性实施例。需要强调的是,各种特征不一定是按比例绘制的。事实上,为了进行清楚的讨论,尺寸可以被任意增大或减小。在适用和实用的情况下,相同的附图标记指代相同的元件。

[0009] 图1A是图示根据代表性实施例的特征的外科手术机器人系统的示意性框图。

[0010] 图1B是根据代表性实施例的外科手术机器人的柔性外科手术设备的透视图。

[0011] 图2是图示图1A的系统的外科手术机器人的细节的示意图。

[0012] 图3是图示图1A的系统的外科手术机器人的补偿模式的示意图。

[0013] 图4A和图4B是示出图1A的系统的外科手术机器人的引导模式的示意图。

[0014] 图5是图示根据代表性实施例的特征的控制外科手术机器人的方法中的各个步骤的流程图。

### 具体实施方式

[0015] 在下面的详细描述中,出于解释而非限制的目的,阐述了公开具体细节的代表性实施例,以便提供对本教导的透彻理解。然而,对于受益于本公开内容的本领域普通技术人员而言明显的是,根据本教导的偏离本文公开的具体细节的其他实施例仍然在权利要求的范围内。此外,可以省略对公知的装置和方法的描述,以便不使对代表性实施例的描述晦涩难懂。这样的方法和装置显然在本教导的范围内。

[0016] 应当理解,本文中使用的术语仅出于描述特定实施例的目的,而并不旨在进行限制。除了在本教导的技术领域中通常理解和接受的定义的术语的技术和科学含义之外,还能够有任何定义的术语。

[0017] 如说明书和权利要求中所使用的,除非上下文另有明确指示,否则术语“一”、“一个”和“该”包括单个指示物和多个指示物两者。因此,例如,“设备”包括一个设备和多个设备。

[0018] 如本文所使用的,对两个或更多个零件或部件“耦合”的表述应当意指只要在发生链接的情况下零件直接或间接地(即,通过一个或多个中间零件或部件)连接或一起操作。

[0019] 如附图所图示的,可以使用方向性术语/短语和相对性术语/短语来描述各个元件彼此之间的关系。这些术语/短语旨在涵盖设备和/或元件的除了在附图中描绘的取向之外的不同取向。

[0020] 如附图所图示的,诸如“在……上方”,“在……下方”,“在……顶部”,“在……底部”,“在……上部”和“在……下部”的相对性术语可以用于描述各个元件彼此之间的关系。

这些相对性术语旨在涵盖设备和/或元件的除了附图中描绘的取向之外的不同取向。例如，如果设备相对于附图中的视图是倒置的，则例如被描述为在另一元件“上方”的元件现在将在该元件“下方”。类似地，如果设备相对于附图中的视图旋转了90°，则被描述为在另一元件“上方”或“下方”的元件现在将与另一元件“邻近”；其中，“邻近”意指邻接另一元件，或者在元件之间具有一个或多个层、材料、结构等。

[0021] 如在说明书和权利要求中所使用的，术语“基本”或“基本上”除了它们的普通含义之外还意指具有可接受的限制或程度。例如，“实质上取消”意指本领域技术人员会认为取消是可接受的。

[0022] 首先参考图1A，将描述根据本教导的特征的外科手术机器人系统100。尤其地，外科手术机器人系统100可以用于医学手术，这些医学手术例如包括但不限于微创心脏外科手术（包括但不限于：冠状动脉旁路移植术和二尖瓣替换术）；微创腹部外科手术（例如，为了执行前列腺切除术或胆囊切除术的腹腔镜检查术）；天然孔透腔内窥镜外科手术。

[0023] 图1A示意性地图示了外科手术机器人系统100，外科手术机器人系统100包括外科手术机器人101，外科手术机器人101具有柔性外科手术设备103和手持式引入器102，柔性外科手术设备103被引导并被定位在患者身体P内的外科手术部位S处，手持式引入器102便于将柔性外科手术设备103引入外科手术患者体内。

[0024] 随着本说明的继续将更清楚的是，手持式引入器102被配置用于沿着多个自由度进行手动移动。为此，由临床医生手动操纵手持式引入器102以用于将柔性外科手术设备103引导到期望的目标位置T。如以下更全面地描述的，根据本教导，跟踪手持式引入器102的移动，并且部分地基于该移动能够调节对柔性外科手术设备103的控制命令以确保柔性外科手术设备103相对于目标位置T的准确定位。手持式引入器102说明性地包括管状部分（未示出），用于实现特定的外科手术流程的部件能够被引导通过该管状部分。举例来说，柔性外科手术设备103、成像设备（例如，内窥镜）、末端执行器以及其他部件（例如，心脏瓣膜或支架）能够通过手持式引入器102来馈送。

[0025] 在某些实施例中，外科手术机器人系统100包括显示器104，显示器104能够提供柔性外科手术设备103的位置的实时图像，如下面更全面地描述的。

[0026] 通常，柔性外科手术设备103包括至少两个连杆以及在两个连杆之间的至少一个关节。如下面结合代表性实施例更全面地描述的，外科手术机器人101在结构上被配置为控制柔性外科手术设备103的一个或多个关节，以用于机动操纵具有一个或多个自由度的柔性外科手术设备103。

[0027] 说明性地，柔性外科手术设备103可以是多种设备中的一种，包括但不限于，双连杆、一关节设备、蛇形机器人或可操控导管。实际上，如本领域技术人员将理解的，柔性外科手术设备103被配置为以一个或多个自由度移动。更一般地，柔性外科手术设备103可以具有五(5)个或六(6)个自由度。

[0028] 举例来说，在某些实施例中，柔性外科手术设备103包括多个连杆和关节，其如下所述被控制为将柔性外科手术设备103的末端103'适当地定位在期望位置中（例如定位在目标处）。图1B描绘了一个这样的多连杆、多关节设备。

[0029] 参考图1B，代表性实施例的柔性外科手术设备103包括多个连杆141，每个连杆由相应的关节142连接。多个连杆中的每个包括刚性节段，并且关节142中的每个可以包括齿

轮组件。说明性地,每个关节142能够实施一个至三个自由度(滚动、俯仰和偏航)。如下面更全面地描述的,控制单元106被配置为执行电动机控制并收集柔性外科手术设备103的位置和取向数据。

[0030] 备选地,柔性外科手术设备可以是蛇形机器人,例如在美国专利US7097615中所描述的,通过引用将其具体公开的内容并入本文。能够理解,柔性外科手术设备103可以包括针对特定的机器人外科手术所期望的末端执行器(未示出)。举例来说,连接到柔性外科手术设备103的末端执行器可以包括夹持器或工具保持器。类似地,柔性外科手术设备103可以包括诸如腹腔镜仪器、腹腔镜、用于螺纹放置的工具或用于活检或治疗的针的工具。本领域普通技术人员能力范围内的其他外科手术设备和工具也被预想到与柔性外科手术设备103一起使用。

[0031] 在某些实施例中,如本文更全面地描述的,显示器104包括适于显示图像或数据的输出设备或用户接口或两者。显示器104可以包括一个或多个显示器,所述一个或多个显示器可以被共同定位在与外科手术机器人系统100的各个元件邻近的临床医生附近。显示器104被配置为显示外科手术部位S的实况图像的或术前图像。

[0032] 显示器可以输出视觉、音频和/或触觉数据。显示器的范例包括但不限于:计算机监视器、电视屏幕、触摸屏、触觉电子显示器、盲文屏幕、阴极射线管(CRT)、存储管、双稳态显示器、电子纸、矢量显示器、平板显示器、真空荧光显示器(VF)、发光二极管(LED)显示器、电致发光显示器(ELD)、等离子显示面板(PDP)、液晶显示器(LCD)、有机发光二极管显示器(OLED)、投影仪,以及头戴式显示器。

[0033] 控制单元106被配置为接收来自外科手术机器人系统100的各个部件的输入并且向这些部件提供输出,如下面更全面地描述的。在某些实施例中,控制单元106包括输入/输出(I/O)电路108,I/O电路108接收来自外科手术机器人系统100的各个部件的输入并且向处理器130提供输出并从处理器130接收输入,如下面更全面地描述的。处理器130还包括存储器132。

[0034] 处理器130可以包括一个或多个微处理器,可以使用软件(例如,微代码)对所述一个或多个微处理器进行编程以执行本文所论述的各种功能。应当注意,处理器130可以包括多于一个的处理器或处理核心。处理器130能够例如是多核处理器。处理器130还可以包括单个计算机系统(未示出)内的处理器的集合或分布在与外科手术机器人系统100相关联的多个计算机系统(未示出)中的处理器的集合。根据本说明书继续阐述的内容将理解,许多程序的指令由处理器130执行,处理器130可以在相同的计算设备内或者甚至能够分布在多个计算设备上。

[0035] 在本公开内容的各种实施例中可以用作处理器130的部件的范例包括但不限于常规的微处理器、微控制器单元、专用集成电路(ASIC)以及现场可编程门阵列(FPGA)。

[0036] 存储器132被配置为存储在外科手术机器人系统100的各种部件起作用期间收集的各种类型的数据。这些数据包括如下面更全面地描述的那样收集的图像数据和跟踪数据。存储器132还可以存储术前数据,例如,术前图像数据。如下面更全面地描述的,这些数据能够用于在操作期间跟踪柔性外科手术设备103的位置。此外,存储器132包括非瞬态计算机可读介质,所述非瞬态计算机可读介质存储被配置为由处理器130运行以控制外科手术机器人系统100的机器可读指令。举例来说,这些指令(程序)被编码在存储器132中,并且

当在处理器130上被运行时执行本文讨论的功能中的至少一些功能。应当注意,术语“程序”或“计算机程序”在本文中以一般意义使用,指的是能够用于对控制单元106进行编程的各种类型的计算机代码(例如,软件或微代码)。

[0037] 存储器132可以包括非易失性计算机存储器或易失性计算机存储器或两者,包括但不限于:随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可编程只读存储器(PROM)、电可编程只读存储器(EPROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、通用串行总线(USB)驱动器、软盘、压缩盘(CD)、光盘、磁带、智能卡、数字视频盘(DVD)、CD-ROM,以及固态硬盘驱动器。各种存储媒介可以被固定在处理器130内或者可以是可转移的,使得被存储在存储媒介上的一个或多个程序能够被加载到处理器130中,以便实施本文讨论的本教导的各个方面。

[0038] 外科手术机器人系统100还包括图像采集设备112。图像采集设备112可以被配置为采集外科手术机器人101的柔性外科手术设备103和解剖对象(例如,外科手术部位S处的器官或其他目标位置T)的一幅或多幅实况图像。

[0039] 一般而言,图像采集设备112可以包括本领域普通技术人员能力范围内的各种可操作性成像设备中的一种,以提供实时成像。用于图像采集设备112的预想到的成像设备包括但不限于内窥镜、C型臂X射线设备、计算机断层摄影(CT)设备、超声成像设备、磁共振成像(MRI)设备、正电子发射断层摄影(PET)设备、单光子发射计算机断层摄影(SPECT)成像设备。

[0040] 应当注意,图像采集设备112被描绘在患者P附近。当然,图像采集设备112的实际位置取决于所使用的设备的类型。例如,并且如下所述,如果使用内窥镜或类似设备,则图像采集设备112可以位于患者P内部,例如,与柔性外科手术设备103相连的附件。备选地,如果图像采集设备是C型臂X射线设备,则图像采集设备112将与C型臂114一起定位,C型臂114是成像扫描器增强器,由于其C形结构而如此命名。如本领域技术人员已知的,C型臂具有放射摄影能力,并且可以用于外科手术流程期间的荧光透视成像。

[0041] 在下面描述的代表性实施例中,图像采集设备112可以包括提供内窥镜图像的内窥镜。内窥镜(未示出)可以是柔性外科手术设备103的部件或连接到柔性外科手术设备103。在某些代表性实施例中,内窥镜可以包括刚性管或柔性管,以及用于照亮被检查的器官或对象的光输送系统,例如,光源通常在身体外部,并且光通常经由光纤系统被引导。还可以包括将图像从物镜传输到观察者的透镜系统,在刚性内窥镜的情况下通常是中继透镜系统,或者在纤维内窥镜的情况下是光纤束。还设想到不具有目镜的视频示波器,其中,相机将图像传输到用于图像捕捉的屏幕。额外的通道可以允许医学器械或操纵器的进入。需要强调的是,使用内窥镜作为图像采集设备112仅仅是示例性的,并且可以预想到将诸如上述那些设备的其他设备用作图像采集设备112。

[0042] 术语“内窥镜”在本文中被广义地定义为对具有从体内进行成像的能力的各种内窥镜中的一个或多个采集图像的象征。用于本教导的内窥镜的范例包括但不限于任何类型的内窥镜,柔性内窥镜或刚性内窥镜(例如,内窥镜、关节镜、支气管镜、胆道镜、结肠镜、膀胱镜、十二指肠镜、胃镜、宫腔镜、腹腔镜、喉镜、神经镜、耳镜、推进式肠镜、鼻喉镜、乙状结肠镜、鼻窦镜、胸腔镜等)以及任何类似于配备有图像系统的观察仪器的设备。成像是局部的,并且表面图像可以用光纤、透镜或小型化(例如基于CCD的)成像系统以光学方式获得。预想到结合本教导使用的内窥镜系统的进一步细节可以在例如共同拥有的美国专利申请

US20140301618中找到,通过引用将其公开内容专门并入本文。

[0043] 图像采集设备112连接到控制单元106并且可以是控制单元106的部件。图像采集设备112提供最终被提供给显示器104的图像,并且可以包括具有前向光学视图或倾斜光学视图的任何类型的相机,并且能够以预定义的帧速率(例如,每秒30帧)采集一系列二维数字视频帧,并且能够经由I/O电路108向控制单元106提供每个数字视频帧。尤其地,图像采集设备112可以被定位和定向,使得在其视场内其能够捕捉柔性外科手术设备103的图像。在一些实施例中,图像采集设备112包括相机,所述相机由电动机致动,并且所述相机能够沿着用于外科手术机器人101的规划的仪器路径进行定位。

[0044] 由于具有或不具有内窥镜的外科手术机器人101引入额外的坐标系,因此难以保证和维持外科手术机器人101与一些期望的参考系的对齐(位置和取向),因为外科手术机器人101被定位为具有工作空间和运动约束。如下面更全面地描述的,针对不同坐标系的未对齐,使用已知的配准方法和装置可以实现不需要临床医生通过脑力执行的这种对齐。为此,存在各种当前的方法和装置以用于将外科手术机器人101及其特定部件与成像系统配准。举例来说,配准能够通过将图像中可见的柔性设备的特征与术前收集的对应特征进行匹配来执行。目标位置T能够由外科医生通过在图像中标记T的位置来识别。在另一实施例中,目标位置T能够借助于本领域已知的特征匹配和对象识别来自动检测。然后能够使用配准来从图像到机器人坐标系计算目标位置T。

[0045] 说明性地,在共同拥有的美国专利US9095252以及美国专利申请公开US2011028215、US20140212025、US20150010225、US20150073265、US20150126859和US20150202015中的一个或多个中描述了确保柔性外科手术设备103的正确对齐的配准。通过引用将这个美国专利和这些美国专利申请公开的整个公开内容专门并入本文。

[0046] 跟踪系统120被配置为生成关于外科手术机器人101的手持式引入器102的跟踪信息。跟踪系统120可以是以下中的一个或多个:光学跟踪系统、机械跟踪系统,以及电磁跟踪系统,如本领域技术人员将理解的那样。诸如射频(RF)传感器、LED传感器、被动标记器、反射标记器之类的传感器或标签能够被包括在外科手术机器人101的手持式引入器102处,或者靠近柔性外科手术设备103的末端103' 或为上述两种情况,以与跟踪系统120协作。

[0047] 跟踪系统120向控制单元106提供信息以提供手持式引入器102的当前位置的反馈,从而提供柔性外科手术设备103的反馈,进而允许调节柔性外科手术设备103相对于目标位置T的位置。通过跟踪手持式引入器102和来自图像采集设备112实现的配准的数据,处理器130被配置为确定柔性外科手术设备103相对于目标位置T的位置。应当注意,存储器132中的软件使得处理器能够计算柔性外科手术设备103相对于目标位置T的当前位置,并且计算实现柔性外科手术设备的期望的移动所需的命令。基于这些计算,处理器130向柔性外科手术设备103提供指令(有时在本文中被称为命令、控制命令、引导命令或引导信号)以根据需要移动来相对于目标位置T处于更好的位置中。如下面更全面地描述的,在一些实施例中,这些命令被用于位置引导模式中以帮助临床医生将手持式引入器和柔性外科手术设备103(以及任何末端执行器或附接到末端执行器的设备)引导到患者P中的特定位置。在下面描述的其他实施例中,在位置补偿模式中,这些命令用于补偿(即,实质上抵消)由柔性外科手术设备103引起的任何不期望的移动。例如,柔性外科手术设备103的不期望的移动可以由手持式引入器102中的由颤抖引发的运动导致的。正因如此,在位置补偿模式中,能

够通过提供命令以抵消不期望的引发的运动来实质上抵消由颤抖导致的任何不期望的运动。

[0048] 在某些实施例中,外科手术机器人系统100包括用户接口110。用户接口110(如显示器104)经由硬件接口(未示出)和I/O电路108说明性地耦合到控制单元106。硬件接口使得处理器130能够与外科手术系统的各个部件交互,并且能够控制外部计算设备(未示出)和/或装置。硬件接口可以允许处理器将控制命令或指令发送到外科手术系统的各个部件以及外部计算设备和/或装置。硬件接口还可以使得处理器能够与外科手术系统的各个部件以及外部计算设备和/或装置交换数据。硬件接口的范例包括但不限于:通用串行总线、IEEE 1394端口、并行端口、IEEE 1284端口、串行端口、RS-232端口、IEEE-488端口、蓝牙连接、无线局域网连接、TCP/IP连接、以太网连接、控制电压接口、MIDI接口、模拟输入接口,以及数字输入接口。

[0049] 用户接口110允许临床医生通过计算机(未示出)或计算机系统(未示出)与外科手术机器人系统100交互。用户接口110包括例如触摸屏、键盘、鼠标、轨迹球或触摸板。通常,用户接口110可以向临床医生提供信息或数据并且/或者从临床医生接收信息或数据。用户接口110可以被配置为从临床医生接收要由计算机接收的输入,并且可以从计算机向用户提供输出。换句话说,并且随着本说明书的继续阐述将变得更清楚的是,用户接口110可以被配置为使得操作者能够控制或操纵计算机,并且用户接口110可以被配置为允许计算机指示临床医生的控制或操纵的效果。在显示器104或其图形用户接口上显示数据或信息是向临床医生提供信息的范例。通过触摸屏、键盘、鼠标、轨迹球、触摸板、指点杆、绘图板、操纵杆、游戏手柄、网络摄像头、头戴式设备、变速杆、方向盘、有线手套、无线遥控器和加速度计接收数据都是使得能够从操作者接收信息或数据的用户接口110的部件的范例。

[0050] 如上所述,控制单元106可以包括I/O电路108。除其他功能以外,I/O电路108控制与控制单元106外部的元件和设备的通信。I/O电路108充当接口,其包括用于解读去往/来自处理器130的输入和输出信号或数据的必要逻辑单元。I/O电路108可以包括第一输入部和第二输入部,所述第一输入部被配置为例如从与在外科手术部位S处的外科手术机器人101的柔性外科手术设备103有关的图像采集设备112接收医学影像,第二输入部被配置为从跟踪系统120接收外科手术机器人101的手持式引入器102的跟踪信息。I/O电路108可以包括被配置为将与外科手术机器人101的柔性外科手术设备103有关的医学影像提供给显示器104的输出部。

[0051] 处理器130可以使用硬件、软件和固件的组合来执行所描述的功能和操作。处理器130被配置为处理与外科手术部位S处的外科手术机器人101的柔性外科手术设备103有关的图像。在某些实施例中,处理器130将柔性外科手术设备103与外科手术部位S处的对应解剖结构进行配准。如结合图2进行描述的,处理器130被配置为处理来自跟踪系统120的外科手术机器人101的手持式引入器102的跟踪信息以确定手持式引入器102的运动。在位置补偿模式中,处理器130被配置为基于所确定的手持式引入器102的运动来生成用于外科手术机器人101的柔性外科手术设备103的运动补偿命令。

[0052] 在某些实施例中,处理器130还可以被配置为经由I/O电路108将与外科手术机器人101的柔性外科手术设备103有关的图像传输到显示器104。

[0053] 从以上描述能够理解,在某些实施例中,通过图像采集设备112、跟踪系统120、被

存储在存储器132中的各种数据和软件以及处理器130的动作的协调工作,控制单元106被配置为提供一个或多个控制命令以控制与外科手术部位S处的外科手术机器人101的柔性外科手术设备103有关的实况图像和术前图像以及解剖对象或目标T的采集和处理,并且使用与外科手术机器人101的手持式引入器102有关的跟踪信息相对于目标位置T进一步控制柔性外科手术设备103。在下面描述的说明性范例中,进一步描述代表性实施例的外科手术机器人系统100的各种特征。应当注意,这些范例仅仅是说明性的,决不是限制性的。

[0054] 另外参考图2-4B,外科手术机器人101是柔性的并且通过外科手术端口插入到患者体内。在该说明性范例中,外科手术机器人101用于在目标位置T处将瓣膜放置在患者P的心脏(未示出)中。正因如此,在两肋之间形成初始切口以提供外科手术端口。如图2所示,该手持式引入器102围绕外科手术端口(“枢转点”)枢转。

[0055] 接下来,柔性外科手术设备103在患者的腔内移动而不伤害入口点。如上所述,手持式引入器102的移动由跟踪系统120跟踪。单独使用来自跟踪系统120的数据或结合来自图像采集设备112的数据,处理器130计算手持式引入器102的移动对柔性外科手术设备103(特别是对柔性外科手术设备103的末端103')的影响。如上所述,基于这些数据中的至少一些,处理器130能够向外科手术机器人101的柔性外科手术设备103提供命令以调节柔性外科手术设备103相对于目标位置T的位置。

[0056] 在某些实施例中,末端103'的位置由临床医生根据在显示器104处提供的图像来确定。正因如此,被设置在末端103'处的末端执行器能够用于在心肌的精确位置处形成切口。临床医生然后能够将柔性外科手术设备103的末端103'进一步引导到待更换的瓣膜的位置。然后能够更换瓣膜,同样是利用由控制单元106使用上述各种图像采集和配准方法确定的目标T的精确位置。

[0057] 单独基于来自跟踪系统120的数据或与基于与来自图像采集设备112的数据相结合,处理器130能够通过对外科手术机器人101的柔性外科手术设备103的命令来补偿手持式引入器102的偶发移动(例如由临床医生的颤抖引发),使得对柔性外科手术设备103的移动的实质上的抵消能够抵消柔性外科手术设备103的末端103'处的颤抖。

[0058] 在代表性实施例中,在位置补偿模式中,使用图像采集设备112来拍摄与柔性外科手术设备103有关的图像。如上所述,图像可以是X射线图像、锥形射束CT图像、超声图像或内窥镜图像。由此,确定柔性外科手术设备103的形状和姿态和/或在外科手术部位S内的配准,并且可以将其显示在显示器104上。例如,在上面引用的美国专利申请公开中公开了涉及基于图像的配准和工具跟踪配准的外科手术工具相对于术前外科手术计划和互操作图像的实时跟踪。由于解剖结构在图像中是可见的,因此柔性外科手术设备103相对于解剖结构的相对位置也是已知的,并且柔性外科手术设备103能够用于使用由控制单元106计算出的位置来到达解剖目标T(在该范例中为要更换的瓣膜的位置)。为了以上述方式在流程(例如,活检或心脏消融)期间将柔性外科手术设备103保持在相同位置中,控制单元106使用来自跟踪系统120以及可能的图像采集设备112的跟踪信息从跟踪系统120持续或连续地更新外科手术机器人101的手持式引入器102的位置。

[0059] 在代表性实施例中,控制单元106可以响应于定义的入口点、定义的外科手术路径和解剖目标T来计算柔性外科手术设备103的关节(例如,关节142)的外科手术机器人101运动参数。这些参数可以将柔性外科手术设备103对齐到心肌的定义的入口点和规划的外科

手术路径。控制单元106可以响应于计算出的关节运动参数来产生控制命令,所述关节运动参数使柔性外科手术设备103对齐到规划的入口点和规划的外科手术路径;并且将机器人控制命令传达给外科手术机器人101。正因如此,通过来自外科手术机器人系统100的各个部件的输入,控制单元106被配置为生成引导命令以校正与期望的外科手术路径所定义的到解剖目标T的外科手术路径的偏离。因此,能够补偿由手持式引入器的一个或多个移动引起的末端执行器从外科手术路径的偏离。

[0060] 根据代表性实施例,由处理器130并基于来自跟踪系统120或图像采集设备112或两者的各种输入来生成引导信号(或引导命令)。说明性地,引导命令和其他控制过程由控制单元106的处理器130结合存储器132中的数据和在存储器132中实例化的软件来生成。备选地,这些引导命令和其他控制过程可以通过由被安装在诸如通用计算机、专用集成电路(ASIC)、FPGA或处理器的任何平台上的硬件、软件和/或固件的任何组合实施的模块来实施。

[0061] 在位置引导模式中,如果柔性外科手术设备103的运动学不足以移动到目标T,则能够向用户提供辅助或指令以告知用户如何移动手持式引入器102,使得柔性外科手术设备103能够到达期望的目标T。针对手持式引入器102的引导运动的辅助或指令能够以视觉方式传送,例如经由显示器104显示的箭头,如图4A和图4B所示,其中,显示器104能够是手术室中的典型显示器或与外科手术机器人101相关联的设备上安装的显示器。辅助或指令还可以由任何已知的输出设备给出,包括视觉(例如,图形显示或指示灯)、声音提示(例如,嘟嘟声或音调)或触觉提示(例如,振动)。在这样的实施例中,临床医生由指令来引导。基于这些指令,引导临床医生在患者P的外部移动手持式引入器102以到达患者P内部的部署位置(例如,将要更换瓣膜的位置),并且柔性外科手术设备103然后被控制以调节其形状或位置以到达部署位置。

[0062] 在某些实施例中,由处理器130并基于来自跟踪系统120或图像采集设备112或两者的各种输入来生成用于引导临床医生的指令。为此,控制单元106的处理器130结合存储器132中的数据和存储器132中实例化的软件来生成指令和其他控制过程。备选地,这些引导指令和其他控制过程可以通过由被安装在诸如通用计算机、专用集成电路(ASIC)、FPGA或处理器的任何平台上的硬件、软件和/或固件的任何组合实施的模块来实施。

[0063] 代表性实施例还涉及非瞬态计算机可读存储介质,其具有被存储在其中的机器可读指令,所述机器可读指令被配置为由处理器130运行以控制外科手术机器人系统100,外科手术机器人系统100包括外科手术机器人101,外科手术机器人101具有被定位在患者身体的入口处的手持式引入器102和被定位在患者体内的外科手术部位S处的柔性外科手术设备103。说明性地,机器可读指令被存储在存储器132中,并且与处理器130以及外科手术机器人系统100的其他部件一起被配置为执行方法500以补偿手持式引入器102的运动。

[0064] 图5是图示可以由外科手术机器人系统100执行的控制和引导的方法500的一个实施例的主要操作的流程图。在下面的描述中,为了提供范例,将假定方法500由图1A中图示的外科手术机器人系统100的版本来执行。

[0065] 另外参考图4A、图4B和图5,方法500包括操作502,其包括处理来自诸如图像采集设备112的医学影像设备的与在外科手术部位S处的外科手术机器人101的柔性外科手术设备103有关的医学影像。如上所述,使用图像采集设备112来拍摄与柔性外科手术设备103有

关的图像。

[0066] 操作503包括基于在操作502中处理的医学影像将柔性外科手术设备103与外科手术部位S处的对应解剖结构进行配准。柔性外科手术设备103的形状和姿态和/或外科手术部位S内的配准时使用上面讨论的方法来确定的。例如,在共同拥有的美国专利申请公布US2012/0294498中公开了涉及基于图像的配准和工具跟踪配准的外科手术工具相对于术前外科手术规划和术中图像的实时跟踪,通过引用将其全部公开内容专门并入本文。由于解剖结构在图像中是可见的,因此柔性外科手术设备103相对于解剖结构的相对位置也是已知的,并且柔性外科手术设备103能够用于使用计算出的位置和控制单元106到达解剖目标T。

[0067] 操作504包括处理来自跟踪系统120的外科手术机器人101的手持式引入器102的跟踪信息以确定手持式引入器102的运动。跟踪系统120被配置为生成关于外科手术机器人101的手持式引入器102的跟踪信息。跟踪系统120可以是以下中的一个或多个:光学跟踪系统、机械跟踪系统,以及电磁跟踪系统。传感器或标签可以被包括在外科手术机器人101的手持式引入器102处,以与跟踪系统120协同操作。

[0068] 方法500包括:在位置补偿模式505中,基于手持式引入器102的所确定的运动来生成用于外科手术机器人101的柔性外科手术设备103的运动补偿命令。因此,为了使得柔性外科手术设备103在诸如活检或心脏消融的手术期间保持在相同位置中,控制单元106将使用来自跟踪系统120的外科手术机器人101的手持式引入器102的跟踪信息来定期或持续地更新手持式引入器102的位置。因此,柔性外科手术设备103被控制为在患者体内移动,以补偿手持式引入器102在患者体外的徒手运动。

[0069] 在某些实施例中,方法500还可以包括将医学影像传输到显示器104。显示布置在本文中被广义地定义为在结构上被配置用于在任何合适的技术下显示图像和跟踪的外科手术工具的任何设备。显示器的范例包括计算机监视器、电视屏幕、触摸屏、投影仪,以及头戴式显示器(HMD)。

[0070] 在某些实施例中,方法500还可以包括处理来自用户接口110的选择输入,以用于由用户选择外科手术部位S处的解剖目标T。因此,可以经由显示器104提示临床医生选择解剖目标T或以其他方式选择到目标T的外科手术路径。因此,临床医生可以经由用户接口110(例如,键盘、鼠标或触摸屏)来选择解剖目标T。

[0071] 并且,在位置引导模式506中,方法500可以包括生成用于定位外科手术机器人101的手持式引入器102的引导命令(例如,图4A),使得柔性外科手术设备103能够到达外科手术部位S处的所选择的解剖目标T。在某些实施例中,能够经由显示器104来显示手持式引入器102的期望运动,例如,如图4A和图4B所示。因此,临床医生通过指令来引导手持式引入器102在患者P的外部移动,以到达患者P内部的部署位置,然后控制柔性外科手术设备103以调节其形状或位置。

[0072] 在某些实施例中,该方法还包括在完成位置引导模式之后处理来自用户接口110的激活信号以激活位置补偿模式。因此,可以经由显示器104提示临床医生在完成位置引导模式之后选择位置补偿模式。正因如此,例如,如上所述,临床医生可以经由例如键盘、鼠标或触摸屏的用户接口110来选择适当的模式。

[0073] 在某些实施例中,使用诸如图像采集设备112的医学影像设备来生成医学影像,所

述医学影像设备包括以下中的至少一个：X射线设备、计算机断层摄影(CT)设备、超声传感器(US)，以及内窥镜。如上所述，在某些实施例中，使用包括光学跟踪系统、机械跟踪系统和电磁跟踪系统中的至少一个的跟踪系统120来生成跟踪信息。

[0074] 本教导是朝向智能系统和设备的技术发展的部分。可能的应用包括利用术前CT的实况视频的增强现实、外科手术导航，特别是在工作空间被遮挡而难以观察和找到解剖目标和肿瘤的微创外科手术中。

[0075] 尽管本公开内容描述了在内窥镜流程的背景下对外科手术机器人101的控制，但该方法也适用于使用其他成像(例如，超声或诸如光学形状感测的形状感测、红外范围感测，以及其他模态)的流程。

[0076] 鉴于本公开内容，应当注意，本教导的外科手术系统和外科手术机器人的各种部件能够被实施在各种设备、硬件、固件、软件、标准和协议中。另外，各种设备、硬件、固件、软件、标准和协议仅通过范例的方式被包括在内，而没有任何限制意义。鉴于本公开内容，本领域技术人员能够在保持在权利要求的范围内同时在确定它们自己的应用和所需的设备、硬件、固件、软件、标准和协议中实施本教导。

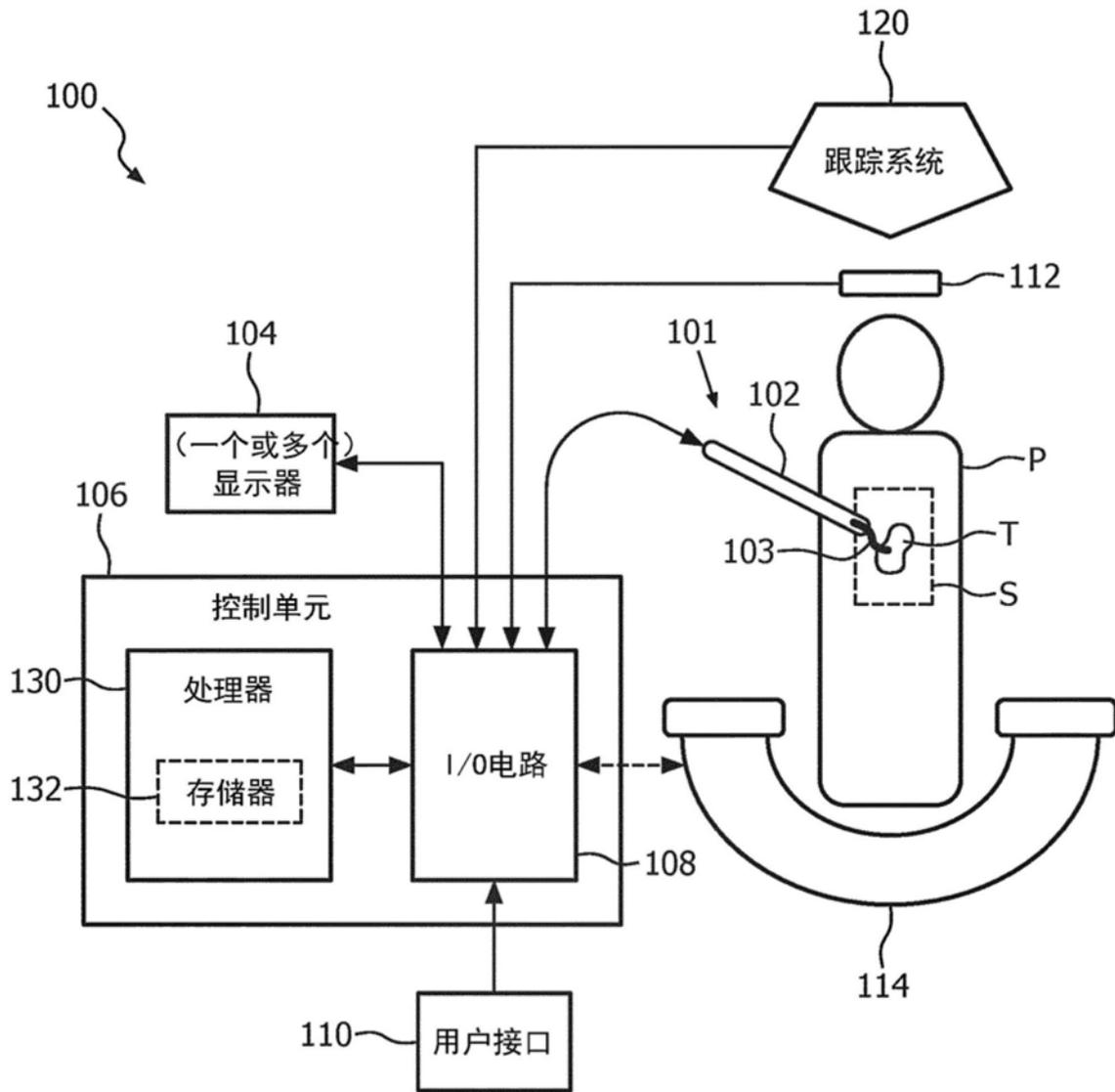


图1A

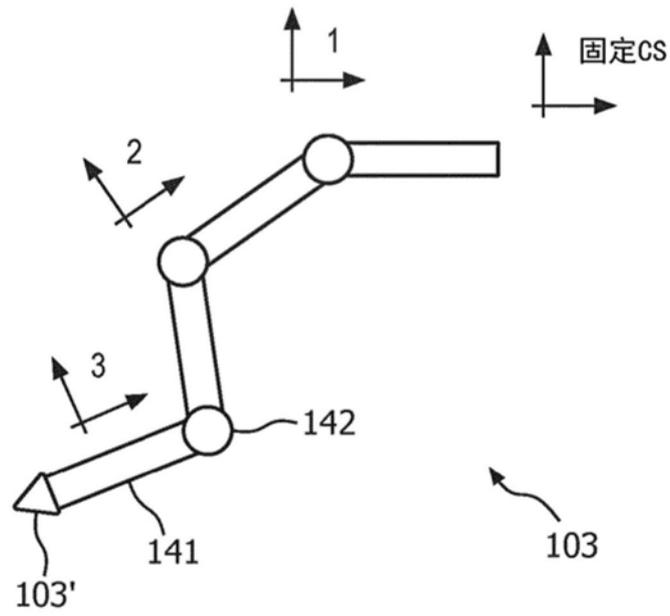


图1B

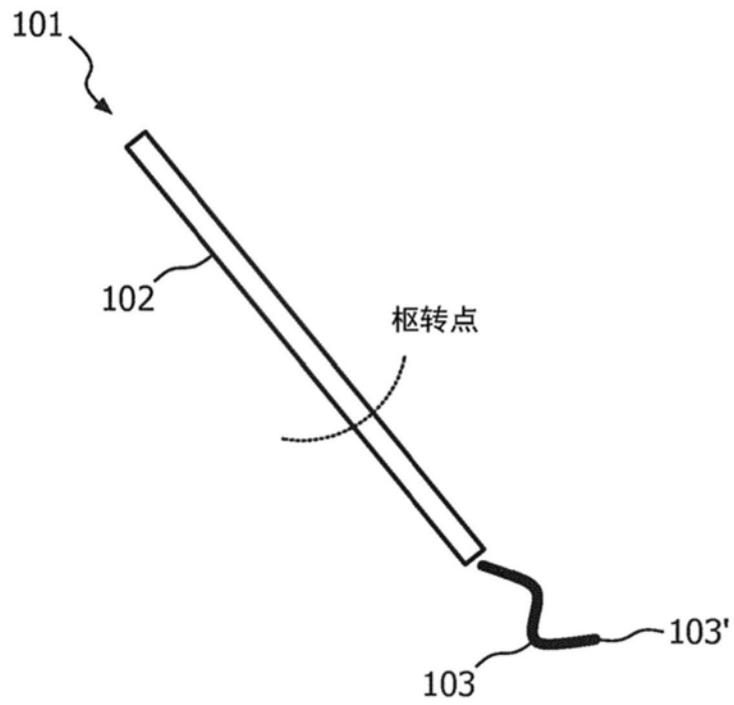


图2

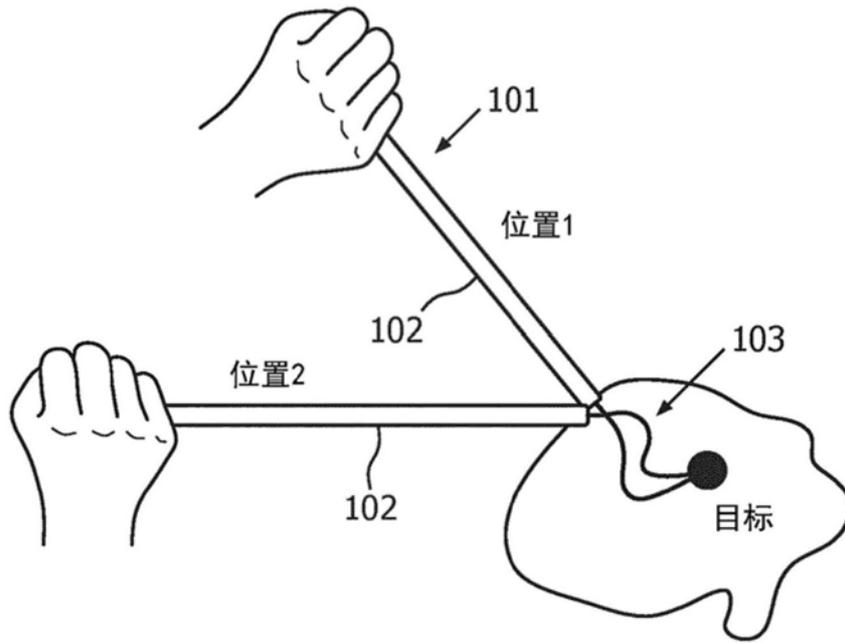
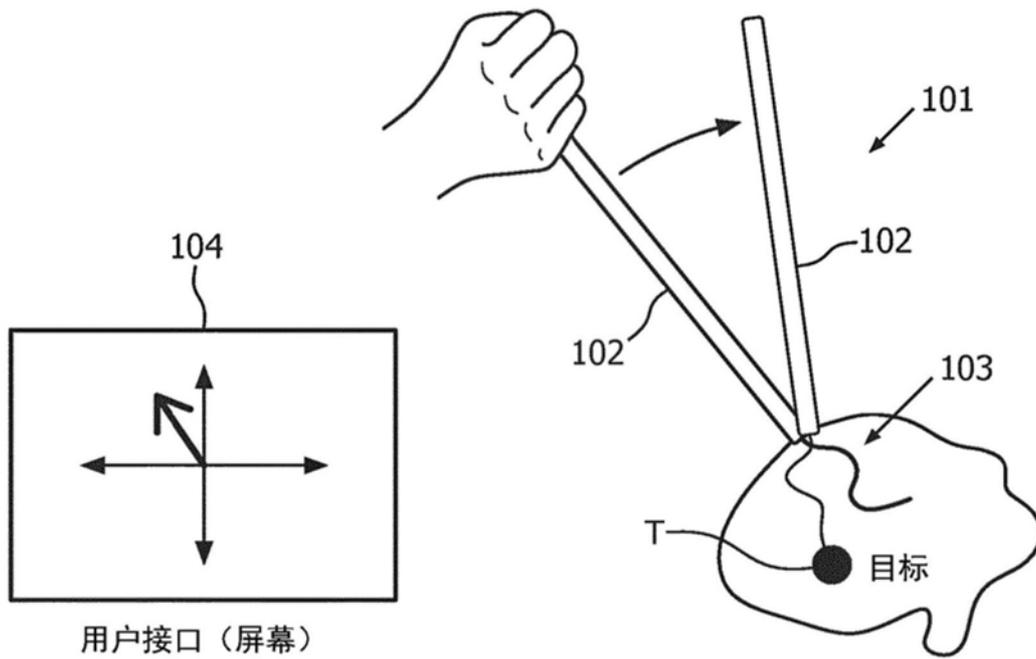


图3



用户接口 (屏幕)

图4A

图4B

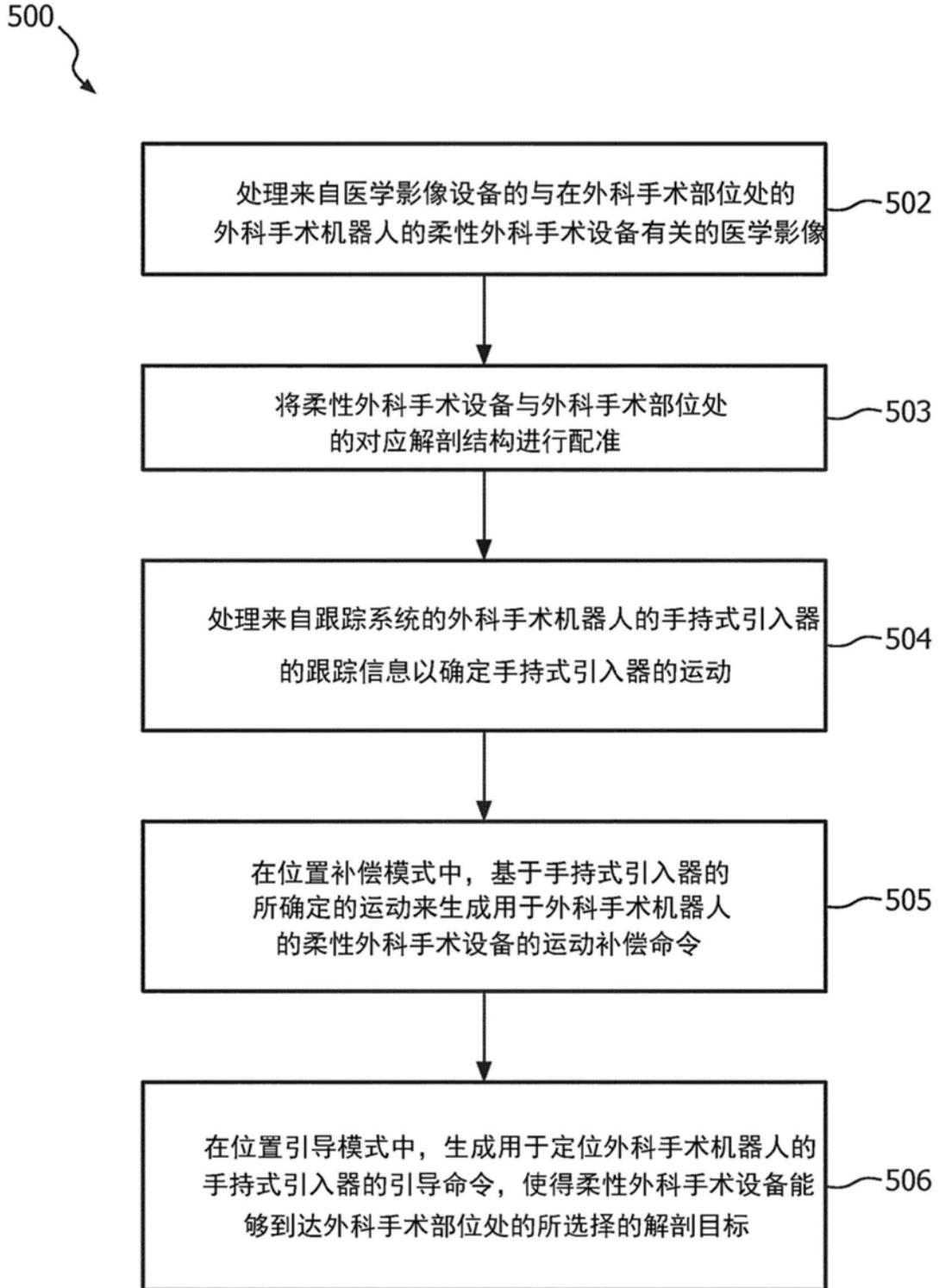


图5